

VODÍKOVÝ RANGE EXTENDER PRO MOBILNÍ PLATFORMU

Robert Voženílek¹, Josef Břoušek², Tomáš Zvolský³, Jiří Arnošt⁴

¹ Technická univerzita v Liberci, robert.vozenilek@tul.cz

² Technická univerzita v Liberci, josef.brousek@tul.cz

³ Technická univerzita v Liberci, tomas.zvolsky@tul.cz

⁴ Technická univerzita v Liberci, jiri.arnost@tul.cz

HYDROGEN RANGE EXTENDER FOR MOBILE PLATHORMA

Abstract: *The paper describes the design of a hydrogen fuel cell system for an autonomous vehicle platform PIXKIT Hooke. The platform is a battery electric vehicle where the fuel cell will act as an additional energy source for recharging the vehicle battery. It is an assessment of experimental options for such a system.*

Key words: *hydrogen, mobile platform, range extender*

ÚVOD

V současné době dochází k dynamickému rozvoji technologií v oblasti autonomních vozidel, elektrifikace dopravy a využití vodíkových palivových článků. Tento trend je reakcí na rostoucí požadavky na ekologickou udržitelnost, efektivitu dopravy a snížení emisí skleníkových plynů.

Vozidla s palivovými články představují variantu elektromobilů, avšak namísto elektrické energie uložené v trakčních akumulátorech ji generují přímo v palivových člancích. Tyto články využívají elektrochemickou reakci mezi vodíkem, přiváděným z tlakových zásobníků přes soustavu filtračních a regulačních prvků, a kyslíkem získávaným z okolního vzduchu. [2]

Nasávaný vzduch prochází komplexním systémem úpravy, zahrnujícím filtraci, regulaci vlhkosti a tepelnou stabilizaci, čímž se optimalizují podmínky pro reakci v palivovém článku. Vodík, dodávaný ve formě plynného média, je řízen přes kontrolní ventily a vstupuje do elektrochemické reakce s kyslíkem za vzniku elektrické energie, přičemž vedlejším produktem je pouze vodní pára. [2]

Výhody palivových článků:

Ekologie - voda je jediným vedlejším produktem, což znamená nulové emise škodlivých látek.

Účinnost - palivové články mají vysokou účinnost při přeměně chemické energie na elektrickou energii.

Flexibilita - mohou být použity v různých aplikacích, od dopravy (vodíkové automobily) až po stacionární energetické systémy.

Nevýhody palivových článků:

Cena - technologie palivových článků je stále poměrně nákladná, zejména pokud jde o materiály pro elektrody a elektrolyty.

Infrastruktura - pro rozšíření vodíkových palivových článků je nutné vybudovat síť čerpacích stanic pro vodík, což vyžaduje značné investice.

Na Technické univerzitě v Liberci vzniká projekt na propojení těchto moderních technologií. K dispozici je mobilní autonomní platforma PIXKIT, pro kterou vznikla konstrukční studie nástavby, v níž je úložiště vodíku a palivové články.

MOBILNÍ PLATFORMA PIXKIT

Mobilní platforma PIXKIT od společnosti PIX Moving je vývojová a vzdělávací sada. Základem je drive-by-wire podvozek, což znamená, že ovládací prvky jsou plně elektrické. Každé kolo má svůj elektromotor, kotoučovou hydraulickou brzdu, je odpružené a umožňuje zatáčení. Uvnitř podvozku, který je příčně i podélně symetrický, jsou umístěny baterie. Celkový jmenovitý výkon pohonů je 12 kW (4x3kW). Hmotnost samotného podvozku je přibližně 450 kg a jeho maximální nosnost činí 500 kg. Výrobce však uvádí optimální celkovou hmotnost 800 kg. Díky samostatnému natáčení každého kola jsou k dispozici tři režimy řízení. Zatáčení dvou nebo všech čtyř kol a krabí pohyb. Pro montáž nástavby slouží 8 montážních bodů v párech vpředu, vzadu a po stranách. K dispozici jsou také 2 podélné montážní lišty v podlaze.

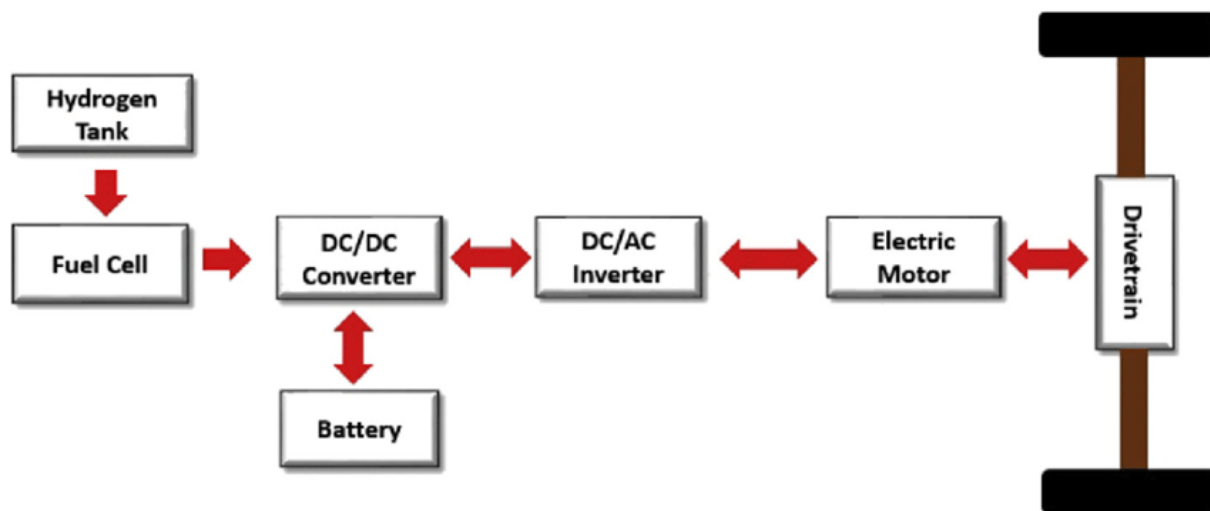


Obr. 1 Mobilní platforma PIXKIT [3]

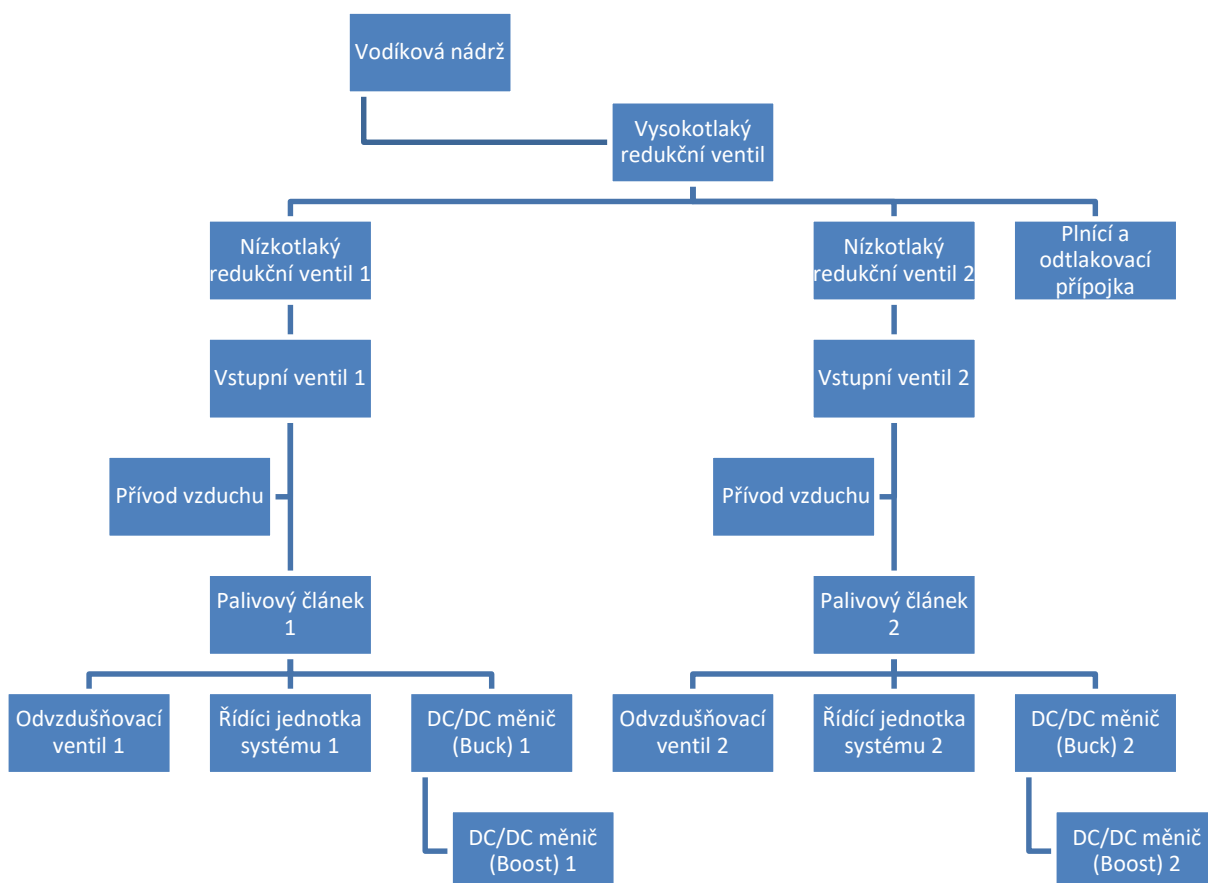
SESTAVA SYSTÉMU PALIVOVÉHO ČLÁNKU

Systém palivového článku není pouze samostatný palivový článek. Pro jeho použití v energetickém systému vozidla je zapotřebí ho doplnit o další komponenty, které jsou nutné pro jeho bezpečný a efektivní provoz. Celá sestava potřebných dílů je poté označována jako systém palivového článku. Vodíková nádrž pro uskladnění vodíku (Hydrogen Tank), dále máme vysokotlaké a nízkotlaké vedení vodíku přes redukční ventily do palivového článku (Fuel cell). Vyrobena elektrická energie z článku jde do DC/DC měniče (DC/DC Converter), který upravuje napětí pro

vhodné napájenie baterie vo vozidle. Pokiaľ elektrická energia nejde do baterie, využívajú ju DC/AC striedače (DC/AC Inverter), ktoré ju preměňujú na tŕífázové striedavé napätie dle potreby trakčného elektromotoru (Electric Motor).



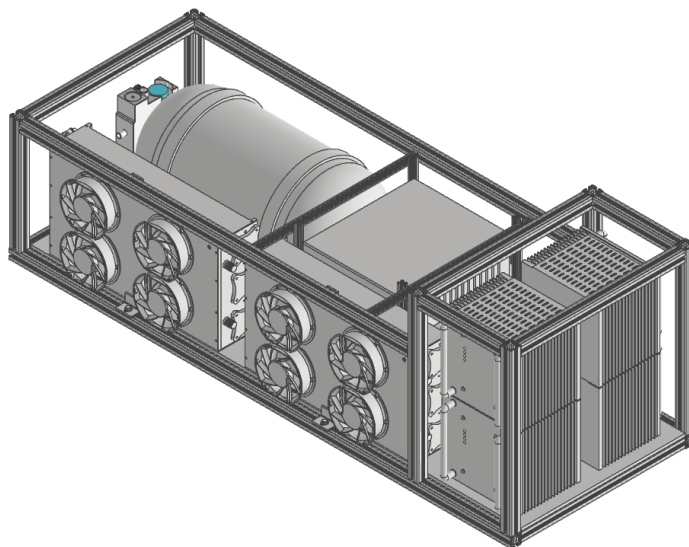
Obr. 2 Principiální schéma vodíkového systému využívajícího palivového článku ve vozidle [4]



Obr. 3 Klíčové komponenty vodíkového systému využívajícího palivového článku [1]

Hlavní prvkom celé sestavy je palivový článok. Pro získání požadovaného výkonu 10 kW byly zvoleny dva palivové články s polymerní membránou, každý o výkonu 5 kW. Jedná se o palivové články

od firmy Horizon Fuel Cell Technologies. Díky potřebě poměrně malého výkonu, jsou schopny se články chladit vzduchem a nepotřebují kapalinové chlazení. Absence vodního chlazení nám zmenšuje celkovou potřebnou zástavbu na oběh a výměníky, místo toho každý palivový článek má zabudované 4 ventilátory, které zvládají uchládit celý systém. Dále byla vybrána tlaková nádoba od firmy Quantum Fuel Systems. Jedná se o tlakovou nádobu o objemu 38 l s maximálním pracovním tlakem 700 bar (70 MPa). DC/DC měnič (Buck) byl zvolen z nabídky společnosti Horizon, a to díky jeho vlastnostem, odpovídajícím přímo palivovému článku o výkonu 5 kW. DC/DC měnič (Boost) tvoří dva sériově zapojené měniče od firmy Traco Power.



Obr.4 Konstrukční uspořádání zvolené sestavy s palivovým článkem [1]

Tab. 1 Tabulka výpočtu odhadované hmotnosti sestavy [1]

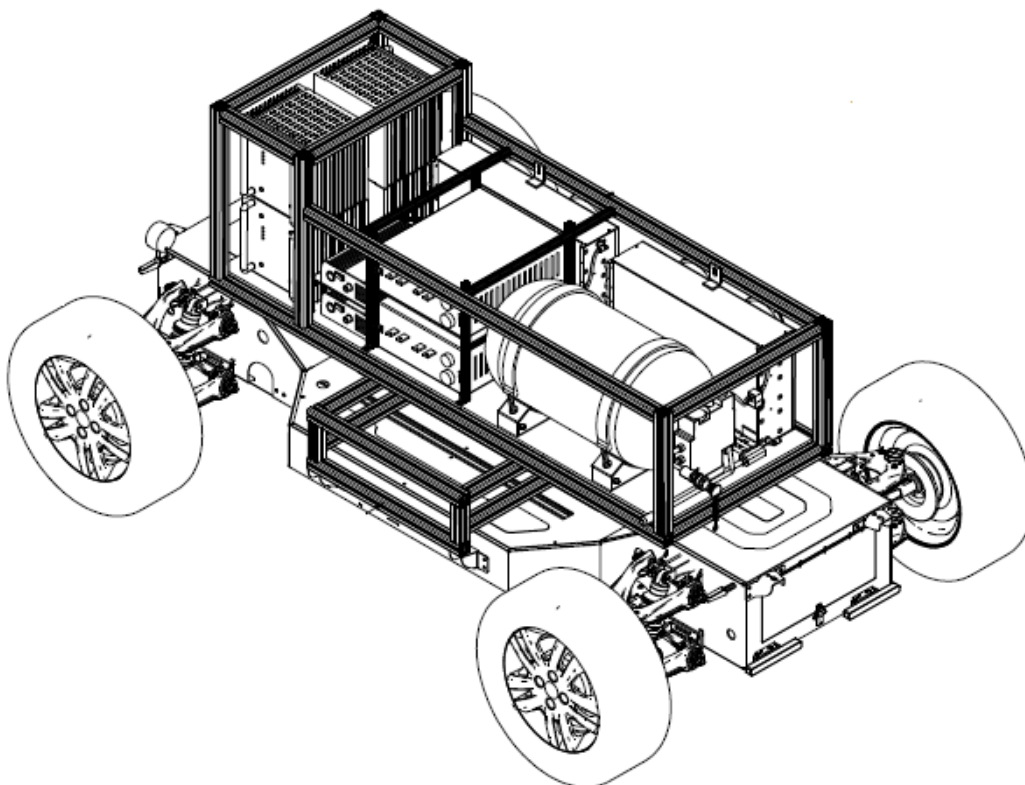
Komponenta	Počet kusů	Celková hmotnost [kg]
Tlaková nádoba	1	37
Upevnění nádoba	2	4
Vysokotlaký regulátor	1	0,7
Nízkotlaký regulátor	2	0,5
Vstupní ventil	2	0,3
Nerezové vedení	-	1,2
Palivový článek	2	60
Kontrolní jednotka	2	5
DC/DC měnič (Buck)	2	18
DC/DC měnič (Boost)	4	40
Doplňovací spojka	1	0,4
Bezpečnostní ventil	1	0,1
Rám	-	48
Deska	1	8
Upevňovací profil	-	2
Krycí panely	-	16
Výsledná hmotnost		241,5

ZÁVĚR

Palivové články v této aplikaci plní roli sekundárního zdroje energie (range-extender), který průběžně dobíjí trakční akumulátor vozidla a tím prodlužuje jeho dojezd. Množství vodíku spotřebované palivovými články je přímo úměrné elektrickému výkonu, který je v ustáleném režimu udržován řídicím systémem na téměř konstantní hodnotě.

Stabilní stejnosměrné napětí zajišťuje DC-DC měnič (Buck). Nominální výkon palivových článků je nastaven na 4,2 kW, protože v této oblasti dosahuje nejvyšší účinnosti. Krátkodobě lze výkon zvýšit až na jmenovitých 5 kW. Při dlouhodobějším provozu na tomto limitu však dochází k růstu teploty membrány a řídicí jednotka proto redukuje elektrický proud, aby zabránila nadměrnému tepelnému a mechanickému namáhání palivových článků. Odchytky od stacionární spotřeby vodíku se vyskytují pouze v průběhu startu a vypnutí systému.

Z teoretických výpočtů vychází, že v nádrži je přibližně 2,2 kg vodíku. Doba spotřeby celkového množství vodíku z nádrže při odhadované účinnosti 50 procent je 4,4 hodiny. Tato hodnota je ve skutečnosti snižena díky rozběhu a zastavování článků. Dá se tedy předpokládat, že čistý provoz článku bude 4,2 hodiny. Za dobu provozu je článek schopný vyprodukovat přes 35 kWh elektrické energie. Jmenovitá kapacita baterie vozidla PIXKIT Hooke je 7,2 kWh a vozidlo je schopno dojezdu 70 km. Baterii vozidla lze tedy opakovaně nabít pomocí systému vodíkových článků a možný dojezd na vodík se pohybuje kolem 300 km.



Obr. 5 Umístění range extenderu s palivovým článkem na mobilní platformě PIXKIT [1]

LITERATURA

- [1] ARNOŠT, Jiří. *Systém vodíkového palivového článku pro autonomní užitkovou platformu*. [online]. Diplomová práce. 2025. [cit. 2025-08-12]. Dostupné z: <https://dspace.tul.cz/handle/15240/177683>
- [2] MAJLING, Eduard. *Palivové články – princip funkce a dělení*. *oEnergetice.cz* [online]. 5. září 2015. [cit. 2025-05-18]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/akumulace-energie/palivove-clanky-princip-funkce-a-deleni>
- [3] PIX Moving. *Hooke Chassis Platform* [online]. [cit. 2025-05-18]. Dostupné z: <https://robosavvy.co.uk/pix-moving-hooke-chassis-platform.html>
- [4] HISSLER, Clément. *How to determine the fuel consumption for a hydrogen light commercial vehicle project to be competitive?* [online]. Stockholm: KTH Royal Institute of Technology, 2022. [cit. 2025-05-18]. Dostupné z: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1698107/FULLTEXT01.pdf>

Poděkování

This publication was written at the Technical University of Liberec as part of the project 21588 with the support of the Specific University Research Grant, as provided by the Ministry of Education, Youth, and Sports of the Czech Republic in the year 2025.